

常州市 NO₂ 污染特征及一次污染过程分析

李艳萍, 何涛

(江苏省常州环境监测中心, 江苏 常州 213001)

摘要:利用2013年—2017年常州市NO₂数据,分析常州市NO₂污染特征,结合混合层高度及水溶性离子组分等数据,重点分析2017年11月1日—3日的大气污染过程及成因。结果表明,秋、冬季NO₂呈逐年升高趋势,NO₂污染日益凸显,秋、冬季在不利气象条件下,NO₂质量浓度易在交通晚高峰时间段迅速升高,并形成污染过程。针对NO₂污染应加强本地污染源管控,提前削峰减排。

关键词:NO₂; 污染特征; 混合层高度; 水溶性离子; 大气; 常州

中图分类号: X511 **文献标志码:** B **文章编号:** 1006-2009(2019)04-0068-04

Analysis on A NO₂ Pollution Process and Its Characteristic in Changzhou

LI Yan-ping, HE Tao

(Jiangsu Changzhou Environmental Monitoring Center, Changzhou, Jiangsu 213001, China)

Abstract: In this paper, the characteristics of NO₂ pollution in Changzhou were analyzed based on NO₂ data from 2013 to 2017, mixed layer height and the composition of water-soluble ions, especially an air pollution process and its causes through Nov. 1th to 3rd, 2017. The results showed that NO₂ increased year by year in autumn and winter, NO₂ pollution was obvious. Under adverse weather conditions in autumn or winter, the concentration of NO₂ rose rapidly during peak hours at evening and the pollution was formed. The management and control of NO₂ pollution from local sources should be strengthened to reduce the peak value in advance.

Key words: NO₂; Pollution characteristics; Mixed layer height; Water-soluble ions; Atmosphere; Changzhou

随着对城市空气污染特征研究的不断深入,污染来源及潜在源区、污染传输路径等逐渐清晰^[1-4],与此同时城市的空气污染特征也在不断变化。研究冬季城市空气污染的新特点,对于环境管理部门尽早采取针对性的污染管控措施,持续改善空气质量具有重要意义。

环境大气中NO₂作为O₃的前体物,可二次反应生成硝酸盐,既可影响臭氧的生成,又可影响颗粒物的质量浓度^[5]。高晋徽等^[6]研究表明南京NO₂冬季的谷值质量浓度最高,魏玉香等^[7]研究表明南京NO₂秋季质量浓度最高。翟一然等^[8]研究表明NO_x的来源主要集中在工业和火电部门,同时邓顺熙等^[9]研究表明我国汽车污染物排放水平明显偏高。NO₂质量浓度升高对于雾霾的影响也逐渐增大,邓利群等^[10]研究表明北京冬季PM_{2.5}中

NO₃⁻主要由NO₂转化而来,郑龙飞等^[11]研究显示南京冬季雾霾期间PM_{2.5}的增长主要来自二次污染物NO₃⁻等的贡献,且与北方地区不同的是NO₃⁻已经取代SO₄²⁻成为首要水溶性离子组分。

今以数理统计为基础,分析近5年常州市的NO₂污染特征,结合气象数据、云高仪和离子色谱监测等数据,分析2017年11月1日—3日一次深秋季节NO₂污染过程,探讨深秋至冬季NO₂污染成因及影响因素,以期为该区域大气污染防治提供资

收稿日期:2018-05-08;修订日期:2019-07-01

基金项目:国家自然科学基金青年科学基金资助项目(21607016);常州市科技局科技支撑(社会发展)基金资助项目(CE20175022)

作者简介:李艳萍(1975—),女,江苏常州人,教授级高级工程师,硕士,主要从事环境监测管理与研究工作。

料和依据。

1 数据来源

选取 2013 年—2017 年常州市 6 个环境空气质量评价点 NO₂ 数据,2017 年 11 月 1 日—3 日 6 个环境空气质量评价点的 PM_{2.5}、PM₁₀、CO、SO₂、NO₂、O₃ 和气象参数等数据,以及江苏省常州环境监测中心的云高仪(TSI 公司 CL31 型)和离子色谱(瑞士万通 Magee 1s 型)监测数据,省控点西夏墅、洛阳小学和路边站理工学院的 NO₂ 数据,共同分析常州市 NO₂ 污染特征。氮氧化物监测设备均为 Thermo Fisher 公司生产的 42i 型氮氧化物分析仪。

2 常州市 NO₂ 污染特征

2.1 不同季节变化趋势

从 2013 年—2017 年数据看,常州市空气质量总体上逐年改善,优良天数稳步上升,PM_{2.5} 逐年下降;NO₂ 年均值呈缓慢下降趋势,NO₂ 下降幅度远低于 PM_{2.5}。随着颗粒物(PM_{2.5} 和 PM₁₀)的强化治理,其对综合指数的贡献占比逐年下降,而 NO₂ 的单项指数对年综合指数的贡献占比逐年升高,从 2013 年的 18.1% 升高到 2017 年的 21.7%,已成为影响常州市综合指数仅次于 PM_{2.5} 的第二大污染物。

常州市 2013 年—2017 年的 NO₂ 质量浓度逐

月分布见图 1。由图 1 可见,不同年份的 NO₂ 月分布趋势大体一致,即夏、秋季节 NO₂ 质量浓度相对较低,春、冬季质量浓度相对较高,夏秋季节 NO₂ 较低可能受光化学反应的影响,NO₂ 光解而质量浓度降低。然而月度变化规律呈现两种不同的趋势,9 月—12 月、2 月 NO₂ 质量浓度总体呈逐年升高的趋势,其他月份总体呈逐年下降或持平趋势,即春季和夏季 NO₂ 呈下降趋势,秋冬季 NO₂ 呈上升趋势。NO₂ 超标天数分别为 27 d、2 d、11 d、12 d 和 19 d,除 2013 年 NO₂ 超标天较多外,2014 年—2017 年 NO₂ 超标天数呈逐年增加,由此可见,NO₂ 污染也在逐渐凸显。

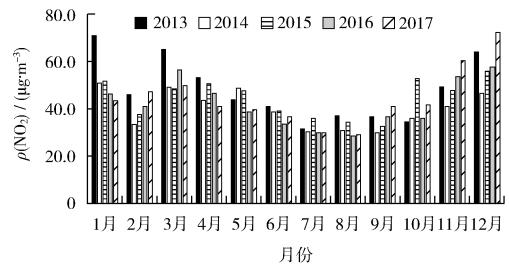


图 1 NO₂ 质量浓度逐月变化情况

Fig. 1 Monthly variation of NO₂ mass concentration

2.2 站点周边局地影响

2017 年 9 月—12 月市区各空气站点间的 NO₂ 质量浓度存在明显的区域性差异,见表 1。

表 1 市区空气站点 NO₂ 质量浓度比较

Table 1 Comparison of NO₂ mass concentrations at urban air stations

月份	市监测站	钟楼	行政中心	安家	武进监测站	经开区	洛阳小学	西夏墅	理工学院
9 月	39	30	41	47	41	47	41	47	52
10 月	38	28	45	46	42	44	46	45	53
11 月	59	60	67	65	52	66	59	65	78
12 月	75	72	77	60	63	82	70	70	84

城市主导风向上风向的洛阳小学 NO₂ 质量浓度总体低于或持平下风向西夏墅,路边站理工学院的 NO₂ 质量浓度为全市最高,6 个空气质量评价点之间的数据差异性也较大。说明区域性的高 NO₂ 背景质量浓度是全市整体质量浓度偏高的重要原因之一,而站点周边的污染源又进一步推升了 NO₂ 质量浓度,也是影响 NO₂ 的重要因素,并造成了站点间的差异性。例如,行政中心的机动车尾气影响和经开区周边的工业源影响导致这两个站点在全市 6 个空气质量评价点中 NO₂ 质量浓度最高。

常州位于长三角中间地带,周边区域工业和机动车密集,NO_x 排放量高,导致 NO₂ 质量浓度较高,在不利气象条件下,易引发污染。何涛等^[2] 利用后向轨迹聚类分析和潜在源区分析了常州市的冬季大气污染特征,结果表明 NO₂ 本地化污染源潜在贡献较明显,经过江苏南部和杭州湾区域的气团轨迹对应的 NO₂ 质量浓度明显高于其他方向的气团。在不利气象条件下,本地污染物与区域输送污染物叠加在一起,容易导致高污染事件发生。

3 典型案例分析

3.1 污染过程

深秋至冬季 NO₂ 质量浓度较高,且经常在晚高峰后质量浓度出现一日的最高值,下面以 2017 年 11 月 1 日—3 日的污染过程来初步分析 NO₂ 高质量浓度的原因。

10 月 1 日—11 月 18 日江苏省 NO₂ 高质量浓度区域主要集中在苏南 5 市,且苏中 5 市的日变化趋势一致性较好,苏中 5 市中镇江 NO₂ 相对较低,南京和苏州较高,常州居中。

11 月 1 日—3 日的 6 项污染物和风速、风向时序见图 2(a)(b)(c)(d),其中 1 日 AQI 为 92,2 日 AQI 为 106,首要污染物为 NO₂,3 日 AQI 为 122,首要污染物为 PM_{2.5},3 日的 NO₂ 对应的 AQI 分指数为 83。由图 2 可见,1 日 NO₂ 从 17:00 开始迅速升高,从 16:00 的 48 μg/m³,升高到 18:00 的 105 μg/m³,高质量浓度时间一直持续到 2 日 1:00。2 日傍晚 NO₂ 的变化情况与 1 日极为相似,也是从 17:00 开始迅速升高,高质量浓度一直维持到 3 日 2:00。

6 项污染物中,NO₂ 质量浓度增加速度最快,PM_{2.5}、PM₁₀ 和 CO 的上升速率低于 NO₂,且升高时间晚于 NO₂,而同时段 SO₂ 质量浓度变化不明显。高 NO₂ 质量浓度时段近地面水平风速低于 0.5 m/s,

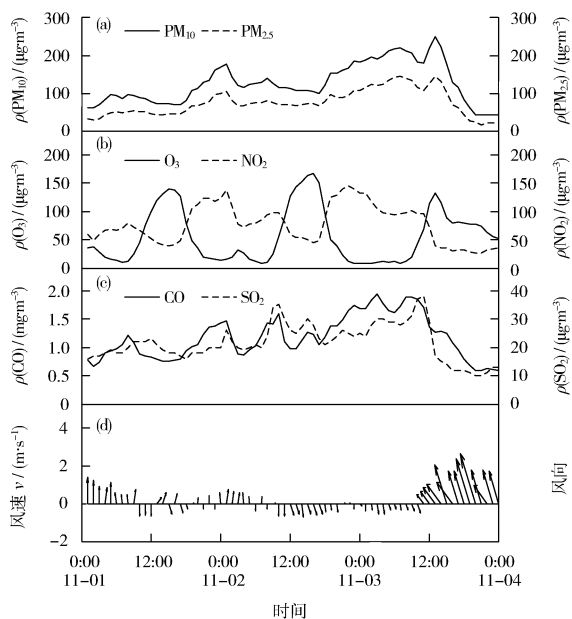


图 2 污染物质量浓度和风速风向时序

Fig. 2 Time series of pollutant concentration, wind speed and direction

随着水平风速的增大,NO₂ 质量浓度呈下降趋势(见图 2 中 3 日 10:00—23:00 数据)^[7]。

3.2 原因分析

常州市 2017 年 11 月 1 日混合层高度分布见图 3。由图 3 可见,1 日白天混合层高度维持在 1 200 m 左右,然而傍晚(17:30)后,混合层高度迅速下降至 150 m 左右。由于近地面水平风速小,且混合层高度较低,导致污染物容易在近地面累积,且在秋冬季太阳辐射相对较弱,导致光化学反应变弱,NO₂ 损耗减少,再加上交通晚高峰和工业源等排放的影响,导致 NO₂ 质量浓度在晚高峰时间段迅速升高。

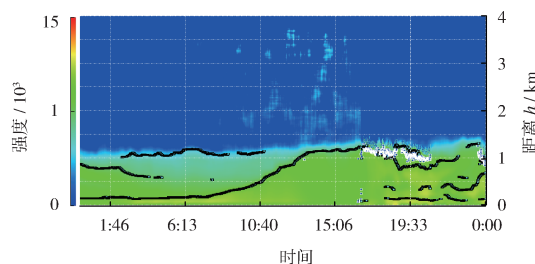


图 3 11 月 1 日混合层高度分布

Fig. 3 Distribution of mixed layer height on Nov. 1

常州市 11 月 2 日—3 日的 PM_{2.5} 水溶性离子组分质量浓度变化见图 4。

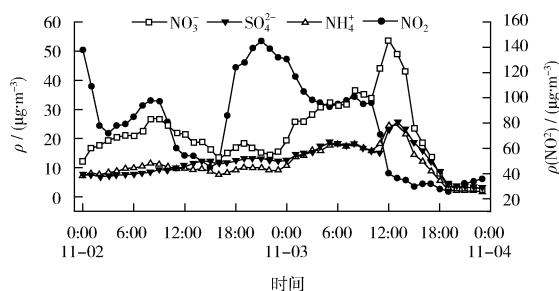


图 4 水溶性离子组分质量浓度变化

Fig. 4 Changes of water-soluble ions mass concentration

由图 4 可见,PM_{2.5} 水溶性离子组分以 NO₃⁻、SO₄²⁻、NH₄⁺ 为主^[9-10],NO₂ 与 NO₃⁻ 质量浓度变化趋势相反,且在 NO₂ 质量浓度上升阶段,NO₃⁻ 质量浓度变化不明显,说明 2 日傍晚 NO₂ 向 NO₃⁻ 的转化程度较低,而 3 日 NO₂ 下降明显,NO₃⁻ 上升较快说明 NO₂ 向 NO₃⁻ 的转化率较高,转化效率与大气相对湿度等因素有关^[9-11]。一般情况下,高质量浓

度的 NO₂ 会伴随高质量浓度的 NO₃⁻, 可 2 日高质量浓度的 NO₂ 未出现高质量浓度的 NO₃⁻, 说明本次 NO₂ 污染受远距离输送的影响较小, 以本地污染源贡献为主^[4,11]。

4 结语

常州市 NO₂ 质量浓度较高, 在全省排名靠后, 质量浓度仅次于南京、苏州等大城市。NO₂ 虽呈逐年下降趋势, 但下降幅度较小。从历年数据看, NO₂ 逐年超标天数呈增长趋势, 其中 9 月—12 月及 2 月 NO₂ 质量浓度呈逐年升高的趋势, 其他月份呈逐年下降趋势。

全市各站点间的 NO₂ 质量浓度存在明显的区域性差异, 说明站点周边的污染源排放是影响 NO₂ 质量浓度的重要原因之一, 污染过程的分析也表明本地污染源对 NO₂ 影响的重要性。秋冬季节夜间混合层高度下降, 大气扩散条件相对较差。在不利气象条件下, 大气污染承载力变小, 且在秋冬季太阳辐射相对较弱, NO₂ 光解消耗量减少, 再加上本地污染源如交通晚高峰和工业源等排放的影响, 导致 NO₂ 质量浓度在交通晚高峰时间段易迅速升高, 并可能形成污染过程。因此, 针对 NO₂ 污染应以本地污染源管控为主, 提前错峰生产和疏解交通拥堵路段。

[参考文献]

- [1] 何涛, 彭燕, 李璐, 等. 长三角一次局地污染过程分析[J]. 环保科技, 2017, 23(2): 42-46.
- [2] 何涛, 乔利平, 徐圃青, 等. 常州市臭氧污染传输路径和潜在源区[J]. 中国环境监测, 2017, 33(4): 77-83.
- [3] 何稼祺, 于兴娜, 朱彬, 等. 南京冬季气溶胶消光特性及霾天气低能见度特征[J]. 中国环境科学, 2016, 36(6): 1645-1653.
- [4] 叶斯琪, 郑君瑜, 潘月云, 等. 广东省船舶排放源清单及时空分布特征研究[J]. 环境科学学报, 2014, 34(3): 537-547.
- [5] 王坚. 厦门市光化学污染特征分析[J]. 环境监测管理与技术, 2015, 27(4): 69-71.
- [6] 高晋徽, 朱彬, 王东东, 等. 南京北郊 O₃、NO₂ 和 SO₂ 浓度变化及长/近距离输送的影响[J]. 环境科学学报, 2012, 32(5): 1149-1159.
- [7] 魏玉香, 童尧青, 银燕, 等. 南京 SO₂、NO₂ 和 PM₁₀ 变化特征及其与气象条件的关系[J]. 大气科学学报, 2009, 32(3): 451-457.
- [8] 翟一然, 王勤耕, 宋媛媛. 长江三角洲地区能源消费大气污染物排放特征[J]. 中国环境科学, 2012, 32(9): 1574-1582.
- [9] 邓顺熙, 陈洁, 李百川. 中国城市道路机动车 CO、HC 和 NO_x 排放因子的测定[J]. 中国环境科学, 2000, 20(1): 82-85.
- [10] 邓利群, 李红, 柴发合, 等. 北京市东北城区冬季大气细粒子与相关气体污染特征[J]. 中国环境科学, 2010, 30(7): 954-961.
- [11] 郑龙飞, 谢郁宁, 刘强, 等. 南京地区 2013 年 12 月重霾污染事件成因分析[J]. 大气科学学报, 2016, 39(4): 546-553.
- [12] 范体系的设想研究[J]. 环境科学与管理, 2015, 40(1): 5-9.
- [9] 杨琪. 石化行业泄漏检测与修复技术规范构建[D]. 天津: 河北工业大学, 2015.
- [10] 张国宁, 郝郑平, 江梅, 等. 国外固定源 VOCs 排放控制法规与标准研究[J]. 环境科学, 2011, 32(12): 3501-3508.
- [11] 杨大卫. 石化化工装置泄漏检测与修复措施[J]. 广州化工, 2013, 41(5): 165-167.
- [12] The Global Oil and Gas Industry Association for Environmental and Social Issues (IPIECA). Refinery air emissions management—Guidance document for the oil and gas industry[R]. Rev. ed. London: IPIECA, 2012.
- [13] 周学双, 崔书红, 董莉, 等. 石化化工企业挥发性有机物污染源排查及估算方法研究与实践[M]. 北京: 中国环境出版社, 2015: 25-53.
- [14] 江苏省环境保护厅. 江苏省泄漏检测与修复(LDAR)实施技术指南[EB/OL]. [2016-02-05]. <http://www.doc88.com/p-0562326878883.html>.
- [15] 胡永飞, 张海滨, 孔祥军, 等. 基于拍照法编码 LDAR 技术在石化行业 VOCs 排放控制中的应用[J]. 安全与环境工程, 2016, 23(6): 95-99.
- [16] 郝军晓, 高正楠, 李小青, 等. 石化行业传统 LDAR 管理方式与基于智能 P&ID 的 LDAR 管理方式对比分析[J]. 石油石化绿色低碳, 2017, 2(4): 15-18.
- [17] 吴志兴. 石油化工中的泄漏检测方法[J]. 石油化工, 1981, 10(1): 34-43.
- [18] 邹兵, 丁德武, 朱胜杰, 等. 石化企业设备密封点泄漏检测技术研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2011, 7(12): 192-196.
- [19] 刘志阳, 廖程浩, 张晖, 等. 泄漏检测与修复(LDAR)检测数据准确性评估方法研究[J]. 环境科学与管理, 2017, 42(9): 39-42.
- [20] 李洁. 典型化工企业无组织挥发性有机物排放量估算及防治对策[J]. 安徽农学通报, 2017, 23(6): 129-130.
- [21] 贾瑜玲, 崔积山, 牛皓, 等. 石化装置停工放空的 VOCs 排放估算参数要求探讨[J]. 环境监测管理与技术, 2017, 29(3): 61-63.
- [22] 吴景龙, 邹超, 吴松海. 石化行业挥发性有机物源强核算及 LDAR 技术的应用研究[J]. 环境科学与管理, 2017, 42(8): 121-125.

本栏目编辑 姚朝英 吴珊

(上接第 59 页)